

Herz- und Kreislaufbefunde bei engem sagittalen Thoraxdurchmesser

von

Dr. med. Richard Kessel

aus

Riedenburg

1973 № 307

Aus der Medizinischen Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. C. Korth

Herz- und Kreislaufbefunde bei engem sagittalen Thoraxdurchmesser

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Dr. med. Richard Kessel
aus
Riedenburg



Dekan: Prof. Dr. Dr. H. Pauly

Referent: Priv.-Doz. Dr. E. Lang

Korreferent: Prof. Dr. C. Korth

Tag der mündlichen Prüfung: 24. Juli 1973

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Stichprobe	2
3.	Methodik	
3.1.	Elektrokardiogramm	3
3.2.	Herz- und Kreislaufdynamik	3
3.3.	Die klinische Größenbestimmung des Herzens	6
3.4.	Spiroergometrie	9
4.	Ergebnisse	
4.1.	Röntgen-Thorax-Übersichtaufnahme	10
4.2.	Elektrokardiogramm	11
4.3.	Phonokardiogramm	11
4.4.	Sphygmogramm der Carotis	12
4.5.	Indirekte Herz- und Kreislaufdynamik	14
4.6.	Herzvolumen	16
4.7.	Spiroergometrie	16
5.	Diskussion	17
6.	Zusammenfassung	22
7.	Literaturverzeichnis	24
8.	Anhang mit Tabellen	29-46

Lebenslauf

Herz- und Kreislaufbefunde bei engem sagittalen Thoraxdurchmesser

Belastungsdyspnoe, Herzklopfen und eingeschränkte Leistungsfähigkeit sind häufig Beschwerden, die den Patienten beunruhigen und ihn zu einer ärztlichen Untersuchung kommen lassen. Finden sich dann anamnestisch sowie auskultatorisch und perkutorisch Symptome und pathologische Befunde wie beispielsweise eine vermehrte tastbare Ventrikelaktion oder systolische Austreibungsgeräusche und ein gespaltender II.Herzton, wird man zunächst versuchen, über das Elektrokardiogramm und eine Thoraxübersichtaufnahme weitere Hinweise zur Diagnostik zu erhalten. Zeigt jedoch das Elektrokardiogramm ebenfalls Abweichungen von der Norm, das Röntgenbild etwa einen vergrößerten, plump wirkenden Herzschatten, wird man eventuell an einen Herzfehler denken und differentialdiagnostisch einen Vorhofseptumdefekt, eine Pulmonalstenose oder auch Mitralstenose in Erwägung ziehen. Doch müssen diese zum Teil uncharakteristischen Befunde nicht unbedingt Hinweise für einen Herzfehler sein, sondern es ist auch daran zu denken, daß ein enger sagittaler Thoraxdurchmesser ebenfalls Befunde und Symptome dieser Art hervorrufen kann (2,5,22,28).

Da bisher in der Literatur kaum Untersuchungen über den engen sagittalen Thorax vorliegen, die die Befunde aus verschiedenen und verschiedenartigen Untersuchungsmethoden zur Beurteilung des Herzens und des Kreislaufs synoptisch darstellen würden, soll in dieser Arbeit versucht werden, die Häufigkeit und Wertigkeit von Befunden festzustellen und mit Angaben aus der Literatur zu vergleichen.

Untersucht wurden insgesamt 39 Patienten, davon 21 Frauen und 18 Männer, bei denen bei einer Röntgen-Routineuntersuchung (pa-Aufnahme) in der Medizinischen Poliklinik ein enger sagittaler Thoraxdurchmesser vermutet wurde. Die Vermutungsdiagnose wurde nach dem typischen Verlauf der Rippen mit "palmenartig nach lateral oben gerichteter Lage der dorsalen Rippen" (19) gestellt.

Diese Patienten wurden anschließend zu einer transversalen Thoraxaufnahme einbestellt, wobei sich ein enger sagittaler Thoraxdurchmesser nachweisen ließ.

Das Durchschnittsalter dieser Patienten lag bei 28,4 Jahren, der älteste Patient war 49 Jahre, der jüngste war 14 Jahre alt. Zusätzlich wurden noch folgende Untersuchungen durchgeführt:

1. Elektrokardiogramm mit Standard- und Brustwandableitungen
2. Zeitliche Herz- und indirekte Kreislaufdynamik
3. Phonokardiogramm während In- und Expiration
4. Sphygmogramm der Karotis
5. Röntgen-Herzvolumen-Bestimmung
6. Spiroergometrie

3.1. Elektrokardiogramm (9)

Als Registriergerät stand der SIEMENS-CARDIREX-6-fach-Düsenschreiber zur Verfügung, mit dem folgende EKG-Ableitungen, ebenso wie Phonokardiogramm und Karotis- und Femoralispulskurve, aufgezeichnet wurden:

- a. Bipolare Extremitätenableitungen (I, II, III) nach EINTHOVEN.
- b. Die "unipolaren" Extremitätenableitungen (aVR, aVF, aVL) nach GOLDBERGER.
- c. Die Brustwandableitung nach WILSON (V_1-V_6), die nach links bis V_9 und nach rechts bis V_9^r ausgedehnt wurde.

Es wurden folgende Parameter ermittelt:
Frequenz, Vektorrichtung und Dauer der Vorhofserregung, Überleitungszeit PQ, Lagetyp und Dauer der Kammererregung (QRS-Gruppe), Vektorrichtung der Erregungsrückbildung, QT-Dauer, Übergangszone.

3.2. Herz- und Kreislaufdynamik (3,4,10,15,23)

Zur Analyse der Herz- und Kreislaufdynamik wurde ein indirektes Verfahren angewandt, eine Meßmethode, die ursprünglich von SCHULTZ angegeben und später von BLUMBERGER erweitert und in die Klinik eingeführt wurde. Die einzelnen Parameter der Herzdynamik sind die Abschnitte der Herzaktion und werden aus den synchron registrierten Karotis- und Femoralispulskurven, dem EKG in einer Standardableitung und dem Phonokardiogramm bestimmt bzw. errechnet.

Bei der Erregung des Herzens, die sich im EKG zeigt, ist der QRS-Komplex Ausdruck der Erregungsausbreitung in der Kammer, die Q-Zacke entspricht also dem Beginn der Herz-
erregung und markiert den Anfang der Systole. Mit dem Taschenklappenschluß, der die Incisur auf der Karotispulskurve ergibt, endet die Systole, und die Diastole beginnt. Folglich wird nach dieser Methode die Gesamtsystole (A+S) aus der Entfernung Q-Zacke des EKG bis Beginn des nachfolgenden II. Herztons, die Austreibungszeit aus der Karotispulskurve (Steilanstieg bis Incisur) und die Anspannungszeit aus der Differenz Gesamtsystole minus Austreibungszeit bestimmt. Die Diastolendauer wird vom Beginn des vorangehenden II. Herztons bis zum Beginn der nachfolgenden Q-Zacke des EKG gemessen. Die Umformungszeit entspricht der Distanz Q-Zacke bis Hauptsegment des I. Herztons (Segelklappenschluß) und die Druckanstiegszeit kann aus der Differenz Anspannungszeit minus Umformungszeit berechnet werden.

Diese Zeitwerte wurden wegen der schon physiologisch bestehenden Schwankungen zwischen den einzelnen Schlägen nicht aus einer Herzaktion bestimmt, sondern als arithmetisches Mittel aus 10 Herzschlägen bei einer Laufgeschwindigkeit des Meßgerätes von 50 mm/sek.

Unter Kreislaufdynamik versteht man die quantitative Bestimmung der Volumenverschiebung sowie der Druck-, Elastizitäts- und Widerstandsverhältnisse in den Gefäßen. In unserem Fall wurde nach BROEMSER-RANKE die Volumenelastizität $E' = \frac{2\varphi \times c}{Aq \times S}$ und das Schlagvolumen $V_s = \frac{Aq \times p \times S \times T}{2 \times c \times (D+A)} \times z$ berechnet, die übrigen Kreislaufgrößen nach folgenden Formeln:

$$\text{Peripherer Widerstand } W = \frac{P_m \times T}{V_s} \text{ (dyn sek cm}^{-5}\text{)}$$

$$\text{Herzleistung } H_1 = H_a / T \text{ (cm g sek}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Herzarbeit } H_a = 1,33 \times V_s \times P_m \text{ (cm g)}$$

Es bedeuten:

- p = Blutdruckamplitude
- P_m = arterieller Mitteldruck
- Aq = Aortenquerschnitt
- S = Austreibungszeit
- D = Diastolendauer
- T = Pulsperiodendauer
- c = Pulswellengeschwindigkeit
- ρ = Massendichte (Viskosität)
des Blutes ($g\ cm^{-3}$)
- E' = Volumenelastizität ($dyn\ cm^{-5}$)
- W = peripherer Widerstand ($dyn\ sek\ cm^{-5}$)
- z = 1
- 33 = Proportionalitätskonstante
- E7W = Dämpfungsfaktor
- DAG = P_{diast}/DAZ = Druckanstiegsgeschwindigkeit
- KG = V_s/S = Kontraktionsgeschwindigkeit

Bei jedem Patienten wurde außerdem der Blutdruck und zur Berechnung der Pulswellengeschwindigkeit $c = \Delta s / \Delta t$ die Aortenlänge gemessen, die Entfernung der beiden Pulsabnehmer von Karotis über Herz — Aorta — Nabel zur Femoralis, wobei Δs der Differenz der Entfernung Karotispulsabnehmer — Herz minus Herz — Femoralispulsabnehmer entspricht.

Die Aortenquerschnitte wurden einer Tabelle nach Ad. H. FRUCHT (7) entnommen.

Nach ZISSLER (28) liegt bei dieser unblutigen Untersuchungsmethode der Herz- und Kreislaufdynamik das theoretische Fehlermaximum zwar bei 50-60%, sinkt jedoch bei der Messung an gleichen Personen auf 20-30%. Ähnlich konnte SIEDEK (21) bei vergleichenden Kreislaufuntersuchungen mit Herzkatheter und physikalischen Methoden eine Differenz des Herzminutenvolumens sphygmographisch (BROEMSER-RANKE) und nach FICK feststellen, dessen Fehlergrenzen zwischen 6-20% lagen. Als Grund für diese Abweichungen kann man Fehler bei der Blutdruckmessung ansehen, außerdem wird der Aortenquerschnitt aus Tabellen ermittelt, wodurch ebenfalls Ungenauigkeiten auftreten können.

3.3. Die klinische Größenbestimmung des Herzens (12,13)

Zur Messung der Herzgröße wurde die röntgenologische Volumenbestimmung des Herzschatens durchgeführt, eine Meßmethode, von BÜCHNER, MUSSHOF und REINDELL angegeben, von ROHRER und KAHLSTORF rechnerisch belegt und von LILJESTAND u. Mitarb. auf die Gegebenheiten der Fernaufnahme übertragen. In unserem Fall wurde die Messung so durchgeführt, wie sie von MEYTHALER beschrieben wurde. Danach sind folgende Untersuchungsbedingungen die Voraussetzung zur Bestimmung des Herzvolumens: Die Lagerung des Patienten und die Entfernung des Untersuchten vom Fokus und vom Film.

Bei jedem Patienten werden jeweils zwei Aufnahmen angefertigt, die eine Aufnahme als posteriores anteriores Sagittalbild, die andere als Rechts-Links-Queraufnahme, nicht synchron, sondern in zeitlichem Abstand.

Die Auslösung der Aufnahmen erfolgte jeweils von einem "Herzphasenschalter", gesteuert durch die R-Zacke des EKG, und zwar mit einer derartigen Verzögerung, daß der Herzschatten immer in der maximalen Diastole des Kammerzyklus zur Darstellung kam. Da die Atemstellung des Untersuchten während der Aufnahmen für die Herzgröße von Bedeutung ist, sollte der Patient mit offenem Mund einatmen. Kurz vor der Aufnahme erhält er außerdem noch einen Schluck Bariumbrei und schluckt eine zweite Portion unmittelbar vor dem Auslösen der Aufnahme, damit auf jeden Fall die Hinterwand des Herzens gegen den kontrastgefüllten Ösophagus abgegrenzt werden kann.

Zur geometrischen Volumenbestimmung des Herzschattens wird seine Länge, Breite und Tiefe ausgemessen, wobei die Voraussetzung für die Flächenbestimmung im Sagittaltbild die Reduktion der Herzsilhouette auf eine Ellipse ist. Für die Bestimmung der Ellipse müssen Länge, Breite und Tiefe genau senkrecht zueinander liegen und beide Linien einander halbieren. Auf diese Weise kann man die Fläche der Ellipse $F_E = \frac{\pi}{4} \times l \times b$ berechnen.

Zur Bestimmung des Herzvolumens V wird die nach der Ellipsenformel errechnete Herzfläche mit dem größten Tiefendurchmesser des Herzens multipliziert:

$$V = \frac{\pi}{4} \times l \times b \times t_{\max}$$

Zur Berechnung des Herzvolumens ist der von ROHRER empirisch und von KAHLSTORF mathematisch gefundene Korrelationsfaktor $K = 0,63$ für das Herz zugrunde gelegt, das in seiner Formgestalt zwischen einem Ellipsoid ($K = 0,667$) und einem Paraboloid ($K = 0,59$) liegt.

Gleichzeitig wird die Röntgenprojektion berücksichtigt, und so ergibt sich die Formel

$$V = \frac{\pi}{4} \times 0,63 \times l \times \frac{FFsag-HMFsag}{FFsag} \times b \times \frac{FFsag-HMFsag}{FFsag} \times t_{\max} \times \frac{FFtr-HMF}{FFtr}$$

HMT ist auf der Transversalaufnahme größer als in Wirklichkeit, das Ausmaß der Vergrößerung errechnet sich aus dem Strahlensatz:

$$\frac{Y}{A} = \frac{y}{B} ; y = \frac{A \times Y}{B}$$

- l = Längsdurchmesser der Herzschatte[n]ellipse
- b = Breitendurchmesser der Herzschatte[n]ellipse
- t_{max} = maximaler Tiefendurchmesser des Herzschatte[n]s
- FF_{sag} = Fokus-Filmabstand bei der sagittalen Aufnahme
- FF_{tr} = Fokus-Filmabstand bei der transversalen Aufnahme
- HMF_{sag} = der variable Objekt-Filmabstand in der sagittalen Projektionsrichtung
- HMF_{tr} = Herzmitte-Filmabstand = konstant
- HMF_{sag} = HMT_{sag} + FT
- HMT_{sag} = Herzmitte-Tischabstand, ist dem Transversalbild zu entnehmen
- FT = Film-Tischabstand = konstant
- A = Fokus-Objekt[ab]stand
- B = Fokus-Filmabstand
- Y = die wahre Größe
- y = die auf dem Film gemessene Objektgröße

3.4. Spiroergometrie (8,11,17,18,24)

Bei unserer Untersuchung wurden die Patienten stufenweise am Fahrradergometer belastet. Die Belastung dauerte pro Belastungsstufe jeweils 6 Minuten und begann mit 50 Watt und wurde dann jeweils um 25 Watt gesteigert. Abgebrochen wurde die Belastung entweder bei Erschöpfung des Patienten oder bei einer maximalen Pulsfrequenz von 170-180/min oder einem maximalen systolischen Blutdruck von 250 mmHg. Ein steady state während einer Belastungsstufe wurde dann angenommen, wenn die Frequenz um weniger als 4 Pulsschläge/min anstieg. Während der gesamten Belastung wurde die Pulsfrequenz und der Blutdruck bestimmt und die Sauerstoffaufnahme in ml/min gemessen. Aus diesen Meßgrößen wurde dann durch Division durch die Pulsfrequenz der Sauerstoffpuls (ml O₂/Pulsschlag) errechnet, der nach ROSKAMM (18) gut als Maß für die Leistungsfähigkeit des Herzens geeignet ist, da auch bei Normalpersonen die körperliche Leistungsfähigkeit durch das Herz- Kreislauf- System und nicht durch die Lungenfunktion bestimmt wird.

4. Ergebnisse

4.1. Röntgen-Thorax-Übersichtaufnahme

Der Befund, der allein schon in der pa-Aufnahme dieser untersuchten Fälle auf die Anomalie eines engen sagittalen Thoraxdurchmessers hinwies und diese Vermutungsdiagnose stellen ließ, ist die "palmenartig nach lateral oben gerichtete Lage der dorsalen Rippen" (19). Neben diesem typischen Verlauf der Rippen fiel außerdem in der Mehrzahl der Fälle ein relativ großer, plump wirkender Herzschatten mit nur wenig ausgeprägter Herztaille auf, der in vielen Fällen ein wenig weiter links lag als gewöhnlich. (s. Abb. 1)

In der Aufnahme im seitlichen Strahlengang fiel zunächst der verringerte Abstand zwischen Brustbein und Wirbelsäule auf, ein Beweis, daß es sich um einen engen sagittalen Thoraxdurchmesser handelt, und das Herz, das in der pa-Aufnahme relativ groß und plump wirkt, nicht vergrößert erscheint. Es liegt der vorderen Thoraxwand meistens in weiter Ausdehnung an, abhängig von der Enge des Thoraxdurchmessers: Je enger der Thorax, desto größer die Ausdehnung an der vorderen Thoraxwand. (s. Abb. 2)



Abb. 1

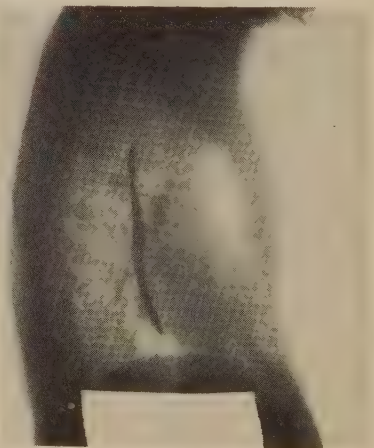


Abb. 2

4.2. Elektrokardiogramm

Im Elektrokardiogramm fällt besonders die häufig auftretende frontale Niederspannung (in etwa 35% der untersuchten Fälle), in etwa 30% der Fälle eine Knotung des Kammerkomplexes, besonders rechtspräkordial, und in etwa 13% eine Rechtsverspätung auf. Die Mittelwerte der PQ-Dauer mit 0,146 sek, der QRS-Dauer mit 0,087 sek und der QT-Dauer mit 0,36 liegen im Normbereich (9). Ebenso ist die Frequenz mit 74/min im Mittel im Bereich der Norm.

4.3. Phonokardiogramm

Es konnten die Phonokardiogramme von 33 Patienten ausgewertet werden. Dabei zeigte sich, daß der in 24 Fällen (73%) normal laute, bei den restlichen relativ leise I. Herzton gespalten war. Das Spaltungsintervall lag im Bereich zwischen 25-80 msek, im Mittel bei etwa 49 msek. (siehe auch Abb. 3 u. 4)

Dem I. Herzton folgte in 16 Fällen (49%) ein relativ leises niederfrequentes Decrescendo-Geräusch, in 8 Fällen (24%) konnte man ein mittel- bis höherfrequentes meso-systolisches, relativ leises, spindelförmiges Geräusch mit dem punctum maximum vor allem über dem II. Intercostalraum rechts, seltener über dem II. Intercostalraum links und dem Erbschen Punkt, erkennen. In drei Fällen konnte ein Systolikum über der Herzspitze gehört werden.

Der II. Herzton war überwiegend normal laut, in vier Fällen relativ leise. Er war bei 28 Patienten (85%) gespalten, wobei das Spaltungsintervall sich atemabhängig änderte.

Abgesehen von einer Decrescendo-artigen frühdiastolischen Unreinheit in den mittleren Frequenzen bei zwei Patienten konnte kein diastolisches Geräusch festgestellt werden. (siehe Tab. im Anhang)

4.4. Sphygmogramm der Karotis

Die Karotispulskurve begann bei der Mehrzahl der untersuchten Fälle zunächst mit einem normalen Steilanstieg, die Halbgipfelzeit lag mit etwa 38 msec im Mittel im Normalbereich, der Karotispulswellengipfel wurde meist früh- bis mesosystolisch erreicht, die Incisur lag auf normaler Höhe und war meist deutlich scharf zu erkennen, bei fünf Patienten war sie abgerundet.

Bei der Nachschwingung, die der Incisur folgte, fiel in 14 Fällen (61% der untersuchten Karotiskurven) ein Doppelpipfel auf. Diese beiden Gipfel waren etwa 40-70 msec voneinander entfernt. (s. Abb. 3 u. 4)

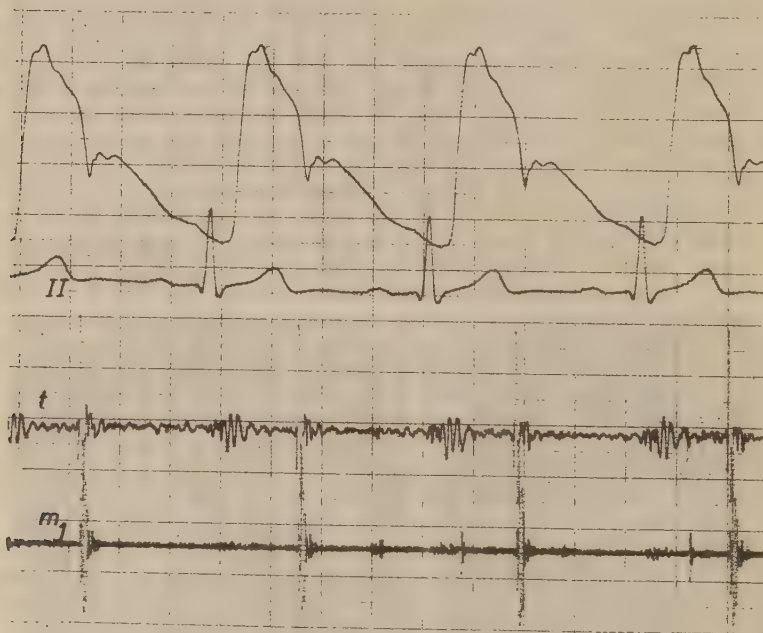


Abb. 3

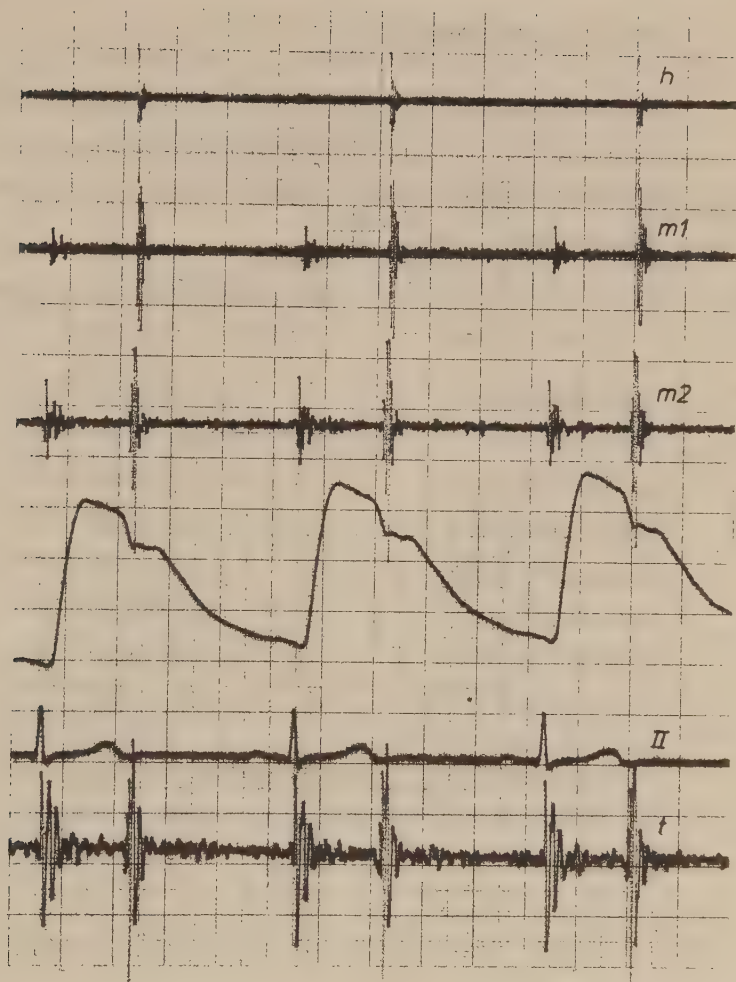


Abb. 4

4.5. Indirekte Herz- und Kreislaufdynamik

4.5.1. Zeitliche Herzdynamik

Die Meßwerte der zeitlichen Herzdynamik lagen im Normbereich (3,4,10,23).

Die Mittelwerte und die Streuung der Mittelwerte der einzelnen Parameter sind:

	(Mittelwert)	(Streuung des Mittelwertes)
	$\bar{x}$	$\frac{s}{n}$
Diastolendauer	430,19 msek	17,25
Systolendauer	386,81 msek	4,30
Austreibungszeit	282,66 msek	4,17
Umformungszeit	72,38 msek	1,88
Druckanstiegszeit	31,44 msek	2,40
Anspannungszeit	103,83 msek	2,88
Pulsperiodendauer	815,92 msek	19,75
Pulsfrequenz	74,86 /min	1,82
Frequenzrelative Austreibungszeit	101,29 %	1,28
Systolischer Quotient	2,80	0,94

4.5.2. Indirekte Kreislaufdynamik

Die Meßwerte der indirekten Kreislaufdynamik lagen ebenfalls im Mittelwert im Normbereich (3,4,10,23).

Die einzelnen Parameter sind:

	(Mittelwert)	(Streuung des Mittelwertes)
	$\bar{x}$	$\frac{s}{n}$
Pulswellengeschwindigkeit	6,06 m/sek	0,18
Systolischer Blutdruck	126,38 mmHg	1,86
Diastolischer Blutdruck	81,25 mmHg	0,92
Arterieller Mitteldruck	100,70 mmHg	1,23
Volumenelastizität	1242,59 dyn cm ⁻⁵	37,98
Peripherer Widerstand	1483,01 dyn sek cm ⁻⁵	62,00
Dämpfung	0,88	0,08
Schlagvolumen	77,31 ml	3,18
Minutenvolumen	6,78 l/min	0,28
Herzarbeit	10405,78 cm g	48,80
Herzleistung	13069,11 cm g/sek	72,40
Druckanstiegsgeschwindigkeit	3428,32 mmHg/sek	33,40
Kontraktionsgeschwindigkeit	271,58 ml/sek	11,40

4.6. Herzvolumen

Der Mittelwert des röntgenologisch bestimmten Herzvolumens liegt mit etwa 702 ml im Normbereich (12,13).

Dieser Befund ist insofern auffallend, als der Herzschatten in der pa-Aufnahme relativ groß wirkte und es sich somit nur um eine scheinbare Vergrößerung des Herzschattens im sagittalen Strahlengang handelt. Wie schon erwähnt, fand sich auch in der transversalen Aufnahme kein Hinweis für eine Vergrößerung des Herzens.

4.7. Spiroergometrie

Die Spiroergometrie konnte nur in 11 Fällen durchgeführt werden. Der mittlere Sauerstoffpuls lag bei einer Belastung von 100 Watt mit etwa 11 ml O₂/Pulsschlag im Normbereich (8,11,17,18,24).

Einem Teil der Patienten konnte wegen ihres Barts keine Atemmaske aufgesetzt werden, einige konnten wegen Erkrankungen der unteren Extremitäten am Fahrradergometer nicht belastet werden, und außerdem war ein Teil der Meßwerte wegen mangelnder Mitarbeit der Patienten nicht auswertbar.

5. Diskussion

Zur Epidemiologie des engen sagittalen Thoraxdurchmessers, zu dem die Trichterbrust, der Flachthorax und das straight-back-Syndrom gehören, fehlen genauere Angaben in der Literatur.

Bei einer Reihendurchleuchtung von 690 Studenten im Alter von 18 bis 30 Jahren stellen WEGMANN und SCHAUB (26) im Jahre 1953 in 2,3% der Fälle eine Trichterbrust fest. In weiteren Untersuchungen von 108 Patienten mit ausgeprägter Trichterbrust zeigte die Anamnese häufig Beschwerden wie Engegefühl, Klemmen und Stechen auf der Brust, Herzklopfen und Belastungsdyspnoe, röntgenologisch war ein Ausweichen des Herzens meist nach links zu erkennen, wodurch entweder eine abnorme Konfiguration oder Verbreiterung des Herzens vorgetäuscht wurde. Der rechte Herzrand taucht im Wirbelsäulenschatten unter, und die Herzspitze wurde so nach oben gehoben, daß die linke Herzkontur verlängert und abgerundet und der Herzschatten verbreitert erschien. Bei 30% der Untersuchten fanden sich Geräusche; der I. und II. Herzton waren manchmal gespalten. Im EKG konnten sie meist ein Abweichen der elektrischen Herzachse nach rechts, vereinzelt Rhythmusstörungen und QRS-Veränderungen mit zum Teil deutlicher Kerbung und Splitterung der RS-Zacken feststellen, die als interventrikuläre Reizleitungsstörungen aufgefaßt wurden, ohne jedoch deren Genese genau zu erklären. Außerdem fielen beim EKG noch eine frontale Niederspannung in den Extremitätenableitungen auf, die als Folge der besonderen intrathorakalen Herzlage gedeutet wurde. Daß die Veränderungen der röntgenologischen Herzsilhouette tatsächlich durch mechanische Einwirkung auf das Herz zustande kommen, ergibt sich aus autoptischen oder operativen Beobachtungen, indem das Herz und zwar besonders der rechte Vorhof und der rechte Ventrikel, abgeflacht, direkt eingedellt oder imprimiert gefunden wurde (6,16,26).

In einer Untersuchung an 16 Patienten mit Trichterbrust konnten BÄR und Mitarb. (1) in 50% der Fälle im EKG einen inkompletten Rechtsschenkelblock finden. Die Röntgen-Thorax-Befunde deckten sich mit denen von SCHAUB (26). Auskultatorisch war der II. Pulmonalton deutlich akzentuiert und in der Mehrzahl der Fälle ein systolisches Geräusch zu hören, am lautesten links parasternal.

Zusätzlich fanden sie durch Herzkatheteruntersuchung an 6 Patienten, daß die Drucke im rechten Vorhof durchwegs mäßig erhöht waren und in 5 Fällen den für die chronisch-konstriktive Perikarditis pathognomonische diastolische Druckablauf im rechten Ventrikel, wobei deutlich ein protodiastolischer steiler Druckabfall mit einem unmittelbar darauffolgenden deutlichen Druckanstieg ("dip" mit nachfolgendem Druckplateau und Vorhofkontraktionswelle) zu erkennen war. Erklärt wurde dieser Kurvenverlauf durch einen extrakardialen mechanischen Faktor, bei der Perikarditis durch Schwielenbildung und Konstriktion, bei der Trichterbrust analog durch Kompression des Herzens durch das deformierte Brustbein und die ventralen Rippen, wodurch es zu einer Behinderung der diastolischen Expansion der betroffenen Herzabschnitte kommt. Untersuchungen der Lungenfunktion ergaben keinen Hinweis auf eine Verminderung.

In neueren Untersuchungen fanden SCHULTEHINRICHS und Mitarb. (22) bei 11 Patienten mit auffälligen kardialen Symptomen, bei denen ein abnorm enger sagittaler Thoraxtiefendurchmesser vorlag, eine weite, jedoch nicht fixierte Spaltung des II. Herztones, in 10 Fällen ein systolisches Ausströmungsgeräusch, vorwiegend über dem zweiten, dritten und vierten Intercostalraum links neben dem Sternum. Im EKG fiel bei 8 Patienten ein inkompletter Rechtsschenkelblock auf. Die röntgenologischen Herzbefunde deckten sich weitgehend mit den Angaben in der Literatur.

Zusätzlich konnte BELLIN (2) in einer Studie an 52 Patienten mit Trichterbrust nachweisen, daß der I. Herzton zu 77% mit einem durchschnittlichen Intervall von 0,05 sek gespalten ist. Der II. Herzton wies in 3/4 aller Fälle eine atemabhängige Spaltung auf. Im EKG konnte er in über der Hälfte der Fälle einen inkompletten Rechtsschenkelblock feststellen und somit die Angaben in der Literatur bestätigen.

Bei den insgesamt 39 Patienten mit engem sagittalen Thoraxdurchmesser, die wir untersuchten, fanden wir in der Herzfernaufnahme im dorso-ventralen Strahlengang in der Mehrzahl der Fälle einen relativ großen, plump wirkenden Herzschatten mit nur wenig ausgeprägter Herztaille, der in vielen Fällen ein wenig weiter links als gewöhnlich lag (s. Abb. 1). Dieser Befund deckt sich weitgehend mit den in der Literatur gemachten Angaben.

In der Aufnahme im seitlichen Strahlengang fiel auf, daß das Herz, dessen Schatten in der pa-Aufnahme relativ groß und plump wirkt, nicht vergrößert erscheint und daß es in desto größerer Ausdehnung der vorderen Thoraxwand anliegt, je enger der Thorax ist (s. Abb. 2).

Das röntgenologisch bestimmte Herzvolumen zeigte, daß keine Herzvergrößerung vorlag: Die Volumina lagen alle im Normbereich (s. Tab. im Anhang).

Bei unseren Untersuchungen fiel in 35% der Fälle eine frontale Niederspannung in den Standardableitungen im EKG, wie in der Literatur beschrieben (26), auf. Sie läßt sich erklären aus der infolge der sagittalen Verengung des Thoraxdurchmessers veränderten Herzlage und damit veränderten Beziehung der elektrischen Herzachse zu den Ableitungspunkten und zwar so, daß die elektrische Herzachse auf die Frontalebene kleiner abgebildet wird. Die Knotung des Kammerkomplexes (etwa 30% unserer Fälle), die in der Literatur ebenfalls (6,26) angegeben wird, kann als interventrikuläre Störung der Erregungsausbreitung, ebenso die Rechtsverspätung, aufgefaßt werden.

Eine Erklärung dafür ist schwer zu finden. In der Literatur wird eine gewisse mechanische Behinderung diskutiert, bedingt durch die Empfindlichkeit des relativ dünnwandigen und unter geringem Innendruck stehenden rechten Ventrikels (22).

Das systolische relativ leise und tieffrequente Decrescendo-Geräusch, das wir in 49% der Fälle feststellten, wird in der zitierten Literatur nicht beschrieben. Das mesosystolische spindelartige und mittelfrequente Geräusch, das auch wir in 24% der Fälle fanden, wurde bei früheren Untersuchungen häufiger gefunden. (1,2,5,6,16,22,26). Laut BLÜMER (5) entsteht es im Ausflußtrakt des rechten Ventrikels an der Pulmonalklappe durch Wirbelbildung, die durch die Verlagerung der Ausflußbahn, bedingt durch die Thoraxenge, durch ihre Verlängerung oder Kompression. Die Spaltung des I. Herztones (in 73% der Fälle) mit einem mittleren Spaltungsintervall von etwa 49 msek wird in der Literatur beschrieben (2). Eine Spaltung des II. Herztones, bedingt durch eine Verspätung des Pulmonaltones, war in 85% der Fälle nachweisbar, kann jedoch ebenso wie die Spaltung des I. Herztones nicht befriedigend erklärt werden. Das Spaltungsintervall war atemabhängig verschieden breit, während der Inspiration größer, während der Expiration schmaler, ohne jedoch zu verschwinden, was differentialdiagnostisch gegen einen Vorhofseptumdefekt gewertet werden konnte.

Im Sphygmogramm der Karotis, das weitgehend einen normalen Pulscurvenverlauf zeigt (Halbgipfelzeit mit Mittel 38 msek), fiel bei der Nachschwingung, die der Incisur folgt, ein Doppelgipfel in 61% der Fälle auf, der im Zusammenhang mit einem sagittalen engen Thoraxdurchmesser in der Literatur nicht beschrieben zu sein scheint. Der Abstand der beiden Gipfel dieser Nachschwingung lag bei etwa 40-70 msek (s. Abb. 3). Ein Zusammenhang mit der Rechtsverspätung im Elektrokardiogramm ist nicht zu erkennen. Zur Klärung dieses Phänomens bedarf es noch weiterer Untersuchungen.

Die Ergospirometrie, die nur bei einem Teil der Patienten durchgeführt werden konnte, ergab mit einem mittleren Sauerstoffpuls von etwa 11 ml O₂/Pulsschlag bei 100 Watt Belastung einen Wert, der im Normalbereich liegt.

Die Anomalie "enger sagittaler Thorax" bewirkt eine Abflachung des Herzens und eine Änderung seiner Form, wie die Röntgenuntersuchung im seitlichen und pa-Strahlengang zeigt, allerdings beeinflußt sie nicht seine Leistungsfähigkeit, erkennbar am Sauerstoffpuls. Die häufig von diesen Patienten angegebenen Beschwerden können deshalb nicht als Folge des engen sagittalen Thorax erklärt werden, man kann nur vermuten, daß es sich hierbei um "funktionelle Beschwerden" handelt. Eine Belastungsdyspnoe darf deshalb nicht als durch die Thoraxanomalie bedingt angesehen werden und erfordert weitere diagnostische Klärung.

6. Zusammenfassung

Untersucht wurden insgesamt 39 Patienten der Medizinischen Poliklinik mit engem sagittalen Thoraxdurchmesser. Neben der Röntgen-pa- und Transversal-Aufnahme wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

1. Elektrokardiogramm mit Standard- und Brustwandableitungen
2. Zeitliche Herz- und indirekte Kreislaufdynamik
3. Phonokardiogramm während In- und Expiration
4. Sphygmogramm der Carotis
5. Röntgen- Herzvolumenbestimmung
6. Spiroergometrie

Es wurden folgende häufige Befunde festgestellt:

1. Ein relativ großer, plump wirkender Herzschatten mit nur wenig ausgeprägter Herztaille, in vielen Fällen weiter links gelegen als gewöhnlich, in der Röntgen-Thorax-pa-Aufnahme. In der Röntgen-Transversalaufnahme lag das Herz in weiter Ausdehnung, abhängig von der Enge des Thorax, der vorderen Thoraxwand an.
2. Im EKG fiel vor allem eine frontale Niederspannung, Knötung des Kammerkomplexes und eine Rechtsverspätung auf.
3. Das Phonokardiogramm zeigte einen gespaltenen 1. und 2. Herzton (atemabhängig, nicht fixiert). In der Mehrzahl der Fälle war ein relativ leises niederfrequentes Decrescendo-Geräusch und ein mittel- bis höherfrequentes, mesosystolisches spindelförmiges Geräusch zu hören mit dem P.max. über dem 2. Intercostalraum rechts und links und dem Erb'schen Punkt.

4. Das Sphygmogramm der Karotis zeigte bei einem normalen Pulskurvenverlauf in 61% der untersuchten Fälle einen Doppelgipfel in der Nachschwingung nach der Incisur, wobei kein Zusammenhang mit der Rechtsverspätung zu sehen war.
5. Die Werte der indirekten Herz- und Kreislaufdynamik lagen ebenso wie die der Spiroergometrie im Normbereich.

7. Literaturverzeichnis

1. Bär, C., R. Zeilhofer u. K. Heckel
Über die Beeinflussung des Herzens und der Atmung durch
die Trichterbrust
Dtsch. med. Wschr. 83, 282 (1958)
2. Bellin, H.
Zur Bedeutung der Trichterbrust für die kardiologische
Diagnostik
Z. ges. inn. Med. 27, 1067 (1972)
3. Blumberger, Kj. u. H. Linke
Herz- und Gefäßkrankheiten (D)
in
Braun (Hg)
Inn. Med. in Klinik und Praxis
Leipzig 1957, S. 342, 396, 416
4. Blumberger, Kj.
Die Herzdynamik in der klinischen Diagnostik
in
Weber, A. u. Kj. Blumberger, 1. Freiburger Kolloquium 1958
München-Gräfelfing 1958, S. 84
5. Blömer, H.
Auskultation des Herzens und ihre hämodynamischen Grundlagen
München, Berlin, Wien 1969
6. Dressler, W. u. H. Roesler
Elektrocardiographic changes in funnel chest
Amer. Heart J. 40, 877 (1950)
7. Frucht, Ad. H.
Aortenquerschnitte (Tab.)
Z. Kreislaufforsch. 42, 401 (1953)

8. Knipping, H. W., Bolt, H. Valentin u. H. Venrath
Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken
Stuttgart 1955
9. Korth, C. u. J. Schmidt
Klinische Elektrokardiographie
München, Berlin, Wien 1969, 7. Auflage
10. Meiners, S.
Meßmethoden zur Analyse der Herz- und Kreislaufdynamik
in
1. Freiburger Kolloquium 1958
München-Gräfelfing 1958
11. Mellerowicz, H., H. Roskamm, Th. Hettinger, W. Hollmann,
E. J. Klaus, K. König, H. Mies, H. Reindell u. E. Stoboy
Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen
Leistungsmessung
II. Mitteilung
Z. Kreislaufforsch. 53, 856-860 (1964)
12. Meythaler, M., H. Fick, W. Haas u. J. Schmidt
Die klinische Größenbestimmung des Herzens
Arch. Kreislaufforsch. 55, 123 (1968)
13. Meythaler, M., H. Hutzler, P. Grützner u. J. Schmidt
Die klinische Beurteilung der Herzgröße
Arch. Kreislaufforsch. 56, 26 (1968)
14. Neumann, H. u. H. Burg
Lungen- und Herz-Kreislauffunktion
Berlin, New York 1971
15. Reindell, H., F. Schilge, H. Klepzig u. M. W. Kirchhoff
Kreislaufregulation
Stuttgart 1955

16. Reusch, C. S.
Hemodynamic studies in pectus excavatum
Circulation. 24, 1143 (1961)
17. Roskamm, H. u. H. Reindell
Belastungsprüfung in der Kardiologie
Der Internist 8, 278 (1970)
18. Roskamm, H.
Funktionsprüfung von Herz und Kreislauf
Kurzmonographien Sandoz 2, 9 (1971)
19. Schmidt, J.
Das vorgetäuscht große Herz
Internist. prax. 4, 197-206 (1964)
20. Schuetz, E.
Physiologie des Herzens
Berlin, Göttingen, Heidelberg 1958
21. Siedek, H., R. Wenger u. E. Wick
Vergleichende Kreislaufuntersuchungen (mit Herzkatheter
und physikalischen Methoden) bei Arterenoleinwirkung
Z. Kreislaufforsch. 40, 648 (1951)
22. Schultehinrichs, D., W. Abt u. H. J. Just
Probleme der Herzdiagnostik bei engem Thoraxstiefendurchmesser
Dtsch. med. Wschr. 97, 175-179 (1972)
23. Tobien, H. H.
Kardiale Leitsymptome I + II
Ingelheim: Boehringer 1968
24. Ulmer, W. T., G. Reichel u. D. Nolte
Die Lungenfunktion
Stuttgart 1970

25. Weber, A. u. KJ. Blumberger
Kreislaufmessungen
in
1. Freiburger Kolloquium 1958
München-Gräfelfing 1958
26. Wegmann, T. u. F. Schaub
Die klinische Bedeutung der Trichterbrust
Schweiz. med. Wschr. 83, 986-990 (1953)
27. Wetterer, E. u. Th. Kenner
Grundlagen der Dynamik des Arterienpulses
Berlin, Heidelberg 1968
28. Wick, E.
Herzbefunde bei Trichterbrust
Med. Welt 16, 1107 (1965)
29. Zissler, J.
Zur Anwendung des sphygmographischen Verfahrens
bei der klinischen Kreislaufuntersuchung
Arch. Kreislaufforsch. 19, 58 (1953)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Dr.med. Uwe Sokoll und Herrn Privatdozent Dr.med. Erich Lang für die Überlassung des Themas der Arbeit sowie Herrn Prof. Dr.med.W. Hilmer und Herrn Dr.med.M. Meythaler für ihre Mühen und guten Ratschläge, mit denen sie mir jederzeit zur Seite standen, vielmals herzlichen Dank sagen.

Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr.med. Carl Korth für die bereitwillige Übernahme des Referates.

8. Anhang

Elektrokardiogramm

Patient	Frequenz (/min)	PQ-Dauer (sek)	QRS-Dauer (sek)	QT-Dauer (sek)	Rhythmus
1.	67	0,17	0,09	0,36	Sinus
5.	77	0,15	0,11	0,35	"
9.	72	0,11	0,08	0,37	"
12.	84	0,14	0,09	0,40	"
13.	75	0,13	0,08	0,34	"
14.	75	0,15	0,08	0,34	"
15.	73	0,14	0,09	0,36	"
18.	77	0,16	0,07	0,38	"
19.	83	0,12	0,08	0,35	"
20.	85	0,14	0,08	0,34	"
21.	81	0,14	0,10	0,34	"
22.	65	0,18	0,08	0,37	"
23.	64	0,13	0,08	0,39	"
24.	84	0,13	0,08	0,34	"
25.	72	0,17	0,09	0,36	"
27.	68	0,16	0,09	0,38	"
29.	70	0,18	0,08	0,36	"
32.	77	0,14	0,08	0,35	"
33.	80	0,12	0,08	0,34	"
34.	73	0,15	0,10	0,35	"
35.	63	0,14	0,09	0,40	"
36.	74	0,18	0,11	0,38	"
39.	75	0,13	0,09	0,39	"
$\bar{x}$	74,21	0,14	0,08	0,36	
s^2	48,268	0,0004	0,0001	0,0004	

Patient	Richtung des Haupt- vektors der Vorhof- erregung auf die Standardableitung	Richtung des Hauptvektors der Erregungsausbreitung in den Kammern auf die Standardableitung
1.	II	II (steil)
5.	II	II
9.	I/II	II
12.	II	II
13.	II	II
14.	II	II
15.	II	II
18.	I/II	II
19.	I	II
20.	II	II
21.	II	I
22.	II	II
23.	II	II
24.	I	II
25.	II	II
27.	I	I
29.	II	II (steil)
32.	II	II
33.	I/II	II
34.	II	II
35.	II	I
36.	I	II
39.	II	II

Patient	Richtung des Haupt- vektors der Vorhof- erregung auf die Standardableitung	Richtung des Hauptvektors der Erregungsausbreitung in den Kammern auf die Standardableitung
1.	II	II (steil)
5.	II	II
9.	I/II	II
12.	II	II
13.	II	II
14.	II	II
15.	II	II
18.	I/II	II
19.	I	II
20.	II	II
21.	II	I
22.	II	II
23.	II	II
24.	I	II
25.	II	II
27.	I	I
29.	II	II (steil)
32.	II	II
33.	I/II	II
34.	II	II
35.	II	I
36.	I	II
39.	II	II

Patient	Richtung der Erregungs- rückbildung auf die Standardableitung	Übergangszone
1.	II	V_4
5.	II	V_3/V_4
9.	I/II	V_2/V_3
12.	I/II	V_4/V_5
13.	II	V_2/V_3
14.	I/II	V_2/V_3
15.	II	V_3/V_4
18.	II	V_2
19.	I	V_2
20.	I/II	V_2/V_3
21.	I	V_3/V_4 (schmal)
22.	I	V_4
23.	I/II	V_3/V_4 (sehr rasch)
24.	I/II	V_1/V_2
25.	I/II	V_3/V_4 (schmal)
27.	I	V_4/V_5
29.	II	V_2
32.	I	V_2/V_3
33.	I/II	V_4
34.	II	V_2/V_3
35.	I	V_3
36.	I	V_2
39.	II	V_2

Besonderheiten beim Elektrokardiogramm

Patient

1. Fehlendes R bis V_2 ; Niederspannung links präkordial;
Q ab V_{10} .
5. Rechtsverspätung (plumpes $S_{1,2}$ und R); frontale
Niederspannung; plumpe R⁻Zacke ab V_{7r} bis V_1 ;
plumpes S von V_3 bis V_9 ; Q ab V_6
9. Q bis V_9 ?
12. S bis V_7 ; Q von V_6 bis V_{12} ; U-Welle
13. Knotung in V_1 ; Q ab V_{10}
14. Frontale Niederspannung; winziges Q ab V_9
15. Frontale Niederspannung; Knotung in V_1/V_2 ; Q in
 V_5 bis V_{12}
18. Frontale Niederspannung; Hochspannung linksprä-
kordial; Q ab V_5 bis V_{12}
19. Knotung des QRS in $V_{2,3,4}$; Q ab V_6 bis V_9
20. Q ab V_5
21. Rechtsverspätung; frontale Niederspannung; ange-
deutete Delta-Welle in $V_{2,3}$; R⁻Zacke in $V_{1,3}$;
plumpes S bis V_7 ; Q ab V_{10}
22. Q ab V_5 bis V_{12}
23. Angedeutete Delta-Welle in III; präkordiale Hoch-
spannung; Q bis V_{10} ; U-Welle; WPW?
24. Q bis V_9
25. Hohe Ausschläge linkspräkordial; R⁻Zacke
von V_{4r} bis V_1 ; Q bis V_7
27. Frontale Niederspannung ohne Q und S linkspräkordial

Patient

- 29. Knotung von QRS in V_1 ; Q ab V_8
- 32. Knotung von QRS in V_2 und V_3 ; Q bis V_9
- 33. Frontale Niederspannung; winziges Q linkspräkordial, R rechtspräkordial
- 34. Q ab V_6
- 35. Angedeutete Rechtsverspätung; Q bis V_{12}
- 36. Knotung von QRS in V_1 und V_2 ; Hochspannung linkspräkordial; Q ab V_5 bis V_{12}
- 39. Splitterung des QRS in V_2 ; vagotane T-Wellen; Q ab V_5 ; angedeutete Delta-Welle in V_1 bis V_3

Zeitliche Herzdynamik

Patient	Diastolendauer (msek)	Systolendauer (msek)	Austreibungszeit (msek)
2.	463	364	287
3.	417	361	290
4.	410	397	300
5.	255	322	230
6.	394	399	290
7.	456	386	275
8.	356	400	304
9.	432	399	300
10.	432	364	275
11.	317	353	240
12.	247	387	280
13.	424	377	290
14.	301	355	280
15.	492	400	290
16.	496	363	260
17.	344	319	187
18.	464	373	270
19.	313	370	270
20.	305	381	260
21.	429	375	280
22.	472	430	300
23.	630	406	310
24.	374	411	270
25.	465	393	275
26.	564	398	299
27.	555	421	300
28.	347	375	300
29.	441	397	304
30.	588	375	280
32.	410	403	300
33.	330	423	300
34.	459	420	280
35.	649	438	320
36.	426	401	300
38.	378	389	280
39.	661	400	300
$\bar{x}$	430,44	386,81	282,66
s^2	10734,19	712,21	628,86

Patient	Umformungszeit (msek)	Druckanstiegszeit (msek)	Anspannungszeit (msek)
2.	61	16	77
3.	53	18	71
4.	87	10	97
5.	80	12	92
6.	80	29	109
7.	78	33	111
8.	59	37	96
9.	73	26	99
10.	60	29	89
11.	71	42	113
12.	65	42	107
13.	52	35	87
14.	60	15	75
15.	72	38	110
16.	65	38	103
17.	58	74	132
18.	75	28	103
19.	72	28	100
20.	81	40	121
21.	74	21	95
22.	81	49	130
23.	63	33	96
24.	74	67	141
25.	95	23	118
26.	89	10	99
27.	80	41	121
28.	65	10	112
29.	60	33	93
30.	75	20	94
32.	80	23	107
33.	81	42	123
34.	98	42	97
35.	80	38	104
36.	69	32	106
38.	60	38	102
39.	80	20	98
$\bar{x}$	72,38	31,44	103,83
s^2	127,55	206,94	297,22

Patient	Frequenz (/min)	Frequenzrelative Austreibungszeit(%)	Systolischer Quotient
2.	72,55	101,00	3,72
3.	77,12	105,00	4,08
4.	74,30	106,80	3,09
5.	103,90	96,80	2,50
6.	75,60	104,00	2,66
7.	71,20	96,40	2,47
8.	79,37	111,00	3,16
9.	72,20	102,00	3,03
10.	75,37	98,40	3,08
11.	89,50	107,20	2,12
12.	94,00	111,00	2,60
13.	74,90	104,00	3,33
14.	91,00	109,00	3,70
15.	67,26	99,60	2,63
16.	69,85	91,00	2,52
17.	90,40	75,00	1,42
18.	71,70	95,00	2,62
19.	87,80	103,40	2,70
20.	87,00	99,00	2,15
21.	74,63	100,00	2,90
22.	66,00	102,00	2,30
23.	57,90	102,00	3,29
24.	76,40	97,20	1,91
25.	69,93	95,70	2,33
26.	62,30	100,00	3,02
27.	61,48	100,00	2,48
28.	83,10	112,00	4,00
29.	71,60	93,30	3,26
30.	62,30	93,80	2,94
32.	73,80	106,50	2,90
33.	79,68	123,00	2,44
34.	68,26	96,60	2,00
35.	55,20	103,60	2,70
36.	72,50	106,00	2,97
38.	78,23	101,75	2,86
39.	56,55	98,00	3,00
$\bar{x}$	74,86	101,29	2,80
s^2	118,70	59,67	0,32

Kreislaufdynamik

Patient	Pulswellengeschw. (m/sek)	Systol. RR (mmHg)	Diastol. RR (mmHg)
2.	5,57	115	75
3.	5,25	130	80
4.	5,88	120	80
5.	7,50	140	90
6.	5,30	130	90
7.	7,16	120	80
8.	5,13	130	80
9.	6,14	120	80
10.	5,85	120	80
11.	5,38	130	90
12.	8,40	160	90
13.	5,00	120	80
14.	7,83	120	80
15.	5,75	140	85
16.	6,00	120	80
17.	5,70	150	90
18.	6,33	120	85
19.	3,80	120	80
20.	5,42	110	75
21.	6,13	130	85
22.	7,08	120	80
23.	5,10	120	80
24.	8,80	150	90
25.	4,88	130	80
26.	6,42	120	80
27.	5,85	120	80
28.	5,50	115	70
29.	4,30	120	80
30.	6,46	130	80
32.	6,06	130	70
33.	5,50	120	80
34.	7,50	120	80
35.	5,25	110	70
36.	5,60	140	80
38.	6,92	130	90
39.	7,28	130	80
$\bar{x}$	6,06	126,38	81,25
s^2	1,20	125,16	30,53

Patient	Arterieller Mitteldruck (mmHg)	Volumen- elastizität (dyn cm ⁻⁵)	Peripherer Widerstand (dyn sek cm ⁻⁵)
2.	92,20	1210,12	1502,30
3.	101,50	1066,00	1051,70
4.	97,20	1150,00	1416,00
5.	111,50	1680,00	1299,20
6.	107,20	960,00	1300,30
7.	97,20	1340,00	1847,00
8.	101,50	993,75	908,70
9.	97,20	1350,00	1742,20
10.	97,20	1186,80	1496,30
11.	107,20	1159,00	1339,70
12.	120,10	1630,77	988,00
13.	97,20	1070,00	1329,20
14.	97,20	1693,80	1550,30
15.	108,65	1025,20	1220,60
16.	97,20	1322,00	1916,60
17.	115,80	1740,00	1598,40
18.	100,05	1308,00	2101,40
19.	97,20	1297,20	1296,50
20.	90,05	1425,60	1564,90
21.	105,70	1105,00	1361,70
22.	97,20	1316,00	1603,90
23.	97,20	1291,70	2269,90
24.	115,80	1410,10	1395,70
25.	101,50	1015,70	1159,50
26.	97,20	1197,85	1921,80
27.	97,20	961,40	1575,10
28.	89,35	1079,60	903,00
29.	97,20	937,00	1210,90
30.	101,50	1164,50	1583,70
32.	95,80	1338,20	1101,90
33.	97,20	1050,50	1151,40
34.	97,20	1577,30	2272,50
35.	87,20	1022,96	1712,80
36.	105,80	942,20	871,00
38.	107,20	1518,60	1981,00
39.	101,50	1196,40	1843,30
$\bar{x}$	100,70	1242,59	1483,01
s^2	54,23	51971,50	138336,15

Patient	Dämpfung	Schlagvolumen (ml)	Minutenvolumen (l/min)
2.	0,80	67,50	4,89
3.	1,01	99,86	7,70
4.	0,81	73,67	5,47
5.	1,29	65,86	6,84
6.	0,74	86,95	6,57
7.	0,73	58,92	4,20
8.	1,09	112,30	8,89
9.	0,77	61,66	4,45
10.	0,79	68,77	5,18
11.	0,87	71,30	6,38
12.	1,65	102,50	9,63
13.	0,81	77,90	5,83
14.	1,09	54,70	4,97
15.	0,84	105,60	7,10
16.	0,70	57,94	4,05
17.	1,09	63,88	5,77
18.	0,62	53,00	3,80
19.	1,00	68,10	5,98
20.	0,91	52,50	4,56
21.	0,81	83,00	6,19
22.	0,82	72,70	4,80
23.	0,57	59,00	3,42
24.	1,01	86,62	6,62
25.	0,88	99,89	6,98
26.	0,62	64,71	4,03
27.	0,60	80,10	4,92
28.	1,19	95,24	7,89
29.	0,77	89,46	6,40
30.	0,73	80,85	5,04
32.	1,21	94,00	6,94
33.	0,91	84,54	6,74
34.	0,70	50,00	3,40
35.	0,60	73,60	4,06
36.	1,08	133,46	9,67
38.	0,77	55,20	4,32
39.	0,65	77,70	4,39
$\bar{x}$	0,88	77,31	5,78
s^2	0,05	369,08	2,70

Patient	Herzarbeit (cm g)	Herzleistung (cm g/sek)	Druckanstiegs- geschwindigkeit (mmHg/sek)
2.	8277,25	10008,70	4687,50
3.	13484,60	17332,40	4444,00
4.	9523,76	11801,40	8000,00
5.	9766,71	16926,70	7500,00
6.	12397,00	15633,00	3103,40
7.	7616,90	9046,20	2424,20
8.	15159,90	20052,80	8330,00
9.	7971,16	9592,20	3076,90
10.	8890,30	11168,73	2758,60
11.	10165,70	16136,00	2142,90
12.	16372,60	25824,30	2142,85
13.	10070,60	12572,50	2285,70
14.	7071,39	10779,56	5333,00
15.	15259,60	17197,10	2236,80
16.	7490,30	8719,70	2105,30
17.	9838,40	14839,20	1216,20
18.	7052,50	8425,90	3035,70
19.	8829,50	12927,60	2857,10
20.	6287,70	9165,80	1875,00
21.	11669,20	14512,70	4047,60
22.	9398,40	10419,50	1632,60
23.	7627,30	7362,20	2424,00
24.	13340,69	16994,50	1343,28
25.	13484,60	15716,37	3478,20
26.	8365,45	8695,89	8000,00
27.	10355,00	10609,60	1951,20
28.	11317,89	15675,75	7000,00
29.	11565,00	13800,80	2424,24
30.	10914,30	11333,64	4000,00
32.	11976,90	14731,73	3043,47
33.	10928,99	14513,90	1904,76
34.	6463,80	7353,56	1904,76
35.	8535,83	7852,60	1842,10
36.	18779,69	22708,20	2500,00
38.	7870,19	10261,00	2368,40
39.	10489,10	9886,06	4000,00
$\bar{x}$	10405,78	13069,11	3428,32
s^2	8602436,47	18836772,06	4021796,80

Patient	Kontraktions- geschwindigkeit (ml/sek)	<u>Herzvolumen</u>	
		Patient	Volumen (ml)
2.	235,19	2.	526
3.	344,34	3.	939
4.	245,50	4.	623
5.	286,30	5.	850
6.	299,00	6.	860
7.	214,20	8.	713
8.	369,40	9.	515
9.	205,50	11.	843
10.	250,07	12.	567
11.	297,00	13.	494
12.	366,07	14.	643
13.	268,60	15.	949
14.	195,35	16.	812
15.	364,13	18.	591
16.	222,80	19.	617
17.	341,60	20.	773
18.	196,30	21.	829
19.	252,20	23.	634
20.	201,90	24.	456
21.	296,40	25.	526
22.	163,00	26.	748
23.	190,30	27.	760
24.	320,81	28.	668
25.	363,23	29.	632
26.	216,42	30.	721
27.	267,00	32.	398
28.	316,60	33.	561
29.	294,30	34.	617
30.	288,75	35.	830
32.	313,30	36.	1025
33.	281,80	38.	561
34.	178,57	$\bar{x}$	702,24
35.	230,00	s^2	28860,48
36.	444,86		
38.	197,14		
39.	259,00		
$\bar{x}$	271,58		
s^2	4336,57		

Sphygmogramm der Karotis

Patient	Halbgipfelzeit (msek)	doppelgipflige Nachschwingung (Abstand der Gipfel in msek)
4.	35	40
5.	40	
6.	35	
7.	20	60
9.	45	
11.	35	70
13.	45	60
15.	40	60
19.	40	
21.	20	
22.	30	40
23.	40	
24.	30	40/80
25.	50	50
27.	50	
28.	30	
29.	40	60
32.	50	
33.	30	70
34.	35	60
36.	30	30/90
37.	70	70
39.	40	60
$\bar{x}$	38,26	
s^2	117,29	

Spiroergometrie

Patient	O ₂ -Aufnahme bei 100 W Belastung (ml/min)	durchschnittliche Pulsfrequenz im steady state bei 100 W Belastung (/min)	Sauerstoff- puls (ml O ₂ / Pulsschlag)
2.	1717	175	9,80
3.	2153	164	13,10
8.	1256	169	7,43
11.	1613	167	9,66
15.	1368	126	11,00
21.	1450	129	11,23
23.	1314	149	8,80
24.	1863	170	10,97
26.	1782	190	9,38
30.	1612	135	11,93
38.	1871	125	14,97

Phonokardiogramm

Patient	I. Herzton		II. Herzton	
	Spaltungsintervall (msek)	Intensität	Spaltung	Intensität
1.	40	++	+	+
2.	40	++	+	++
3.	50	+	+	++
4.	40	++	+	++
5.	40	++	+	++
6.	50	++	+	++
7.	40	++	+	++
9.	50	++	+	++
10.	60	+	+	++
11.	50	+		++
13.	50	++		++
15.	40	++	+	++
17.	55	++		++
18.	70	+	+	++
19.	25	+		+
20.	40	++	+	++
21.	50	++	+	+
22.	80	+	+	++
23.	50	+++	+	++
24.	50	++	+	++
25.	35	++	+	++
26.	50	++		++
27.	55	++	+	++
28.	40	++	+	++
29.	30	+	+	++
31.	60	++	+	++
32.	40	++	+	++
33.	65	++	+	++
34.	60	++	+	++
35.	40	++	+	++
36.	60	+	±	++
37.	50	++	+	++
39.	50	++	+	+

laut +++

mittel ++

leise +

Phonokardiogramm

Patient	Systolikum		p.m.	Frequenzcharakter	Geräuschcharakter
	Intensität				
1.	+		HSp	m	Decrescendo
2.	+		2re	t	Decrescendo
3.					
4.			Erb	t	Decrescendo
5.	+		Erb	m	Spindel
6.	+		2re	t	Decrescendo
7.	+		2li	t	Decrescendo
9.	+++(+)		2re	t(m)	(Spindel)Decresc.
10.					
11.					
13.					
15.	+		Erb	t	Decrescendo
17.	+		2li	m	Spindel
18.					
19.	+		Erb	(t)h	(Spindel)Cresc.
20.	+		HSp(2re)	t(m)	(Spindel)Decresc.
21.	+		2re	t	Decrescendo
22.					
23.	+++		HSp	m	Spindel
24.	+		2re	t	Decrescendo
25.	++		2re	t	Decrescendo
26.					
27.	+		2li	t	Decrescendo
28.	++		2li	t	Decrescendo
29.	+		2re	t	Decrescendo
31.	++(+)		2re(2li)	t(m)	(Spindel)Decresc.
32.	++		2re	t	Decrescendo
33.					
34.					
35.					
36.					
37.					
39.					

L e b e n s l a u f

Ich wurde am 19. Juni 1945 in Riedenburg/Opf. als Sohn des Diplom-Ingenieurs Alfred Kessel und seiner Ehefrau, der Zahnärztin Halina Kessel, geboren.

In den Jahren 1951 bis 1955 besuchte ich die Volksschule in Altmannstein, anschließend die Christoph-Schreiner-Oberrealschule in Ingolstadt. Am 22. Juli 1964 erhielt ich das Reifezeugnis. Im Wintersemester 1964/65 begann ich an der Universität Erlangen mit dem Studium der Zahnmedizin und im Sommersemester 1966 mit dem Studium der Medizin. Die Approbation als Zahnarzt wurde mir am 7. Januar 1970 erteilt. Das medizinische Staatsexamen bestand ich am 16. Februar 1972, die medizinische Promotionsprüfung am 27. Juni 1972.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990